Association de Science Régionale de Langue Française
ASRDLF 2014
51ème Colloque
7, 8 et 9 juillet - Cité Descartes, Marne-la-Vallée, France
Métropolisation, cohésion et performances : quels futurs pour nos territoires
http://asrdlf2014.org/

LA REGION NORD-PAS-DE-CALAIS, UN TERRAIN FAVORABLE A UN SCENARIO D'URBANISME DES TRANSPORTS EN COMMUN (TOD) ? ENSEIGNEMENTS D'UNE MODELISATION INTEGREE D'USAGE DU SOL ET TRANSPORT

Lo Feudo Fausto
IFSTTAR (UMR LVMT) 20, rue Elisée Reclus BP 317 F-59666 Villeneuve d'Ascq Cedex
(ENPC - IFSTTAR, fausto.lofeudo@ifsttar.fr, +33(0)3 20 43 84 92)

Résumé

Cet article examine les résultats d'une modélisation intégrée d'usage du sol et des transports, réalisée pour le territoire de la région française du Nord Pas de Calais en utilisant le logiciel Tranus. L'intérêt de cette recherche est de simuler, tester et évaluer les effets et les impacts d'un plan régional de *Transit Oriented Development* ou d'*Urbanisme des transports collectifs* pour analyser l'évolution de la répartition modale et de la demande de transport, ainsi que la dynamique du marché foncier et des choix résidentiels et de localisation de la population et des activités.

Le TOD est un modèle de développement urbain et territorial qui favorise la densification de haute qualité, mixte et multifonctionnelle, situé à proximité des principaux nœuds et corridors de transport en commun, avec priorité aux piétons et aux cyclistes et dans le but de réduire la consommation des sols et la dépendance de la voiture.

De nombreux exemples d'interventions de TOD peuvent être trouvés à l'échelle urbaine et métropolitaine, avec des caractéristiques différentes selon les contextes socio-économiques et territoriales d'application. Plus rares sont les interventions à l'échelle régionale et par conséquent ce travail vise précisément à analyser l'application d'un plan de TOD à l'échelle régionale, appliqué en particulier à une série de nœuds et corridors ferroviaires de la région française du Nord Pas de Calais. La région se caractérise par le fort rôle attractif de l'aire métropolitaine de Lille, pour son caractère transfrontalier et pour certaines disparités régionales persistantes. La présence d'un système ferroviaire régional, bien structuré et avec des niveaux élevés d'efficacité et de qualité de service, considéré comme un élément clé du développement dans les plans stratégiques régionaux, a conduit à l'hypothèse d'un plan structuré principalement sur le réseau ferroviaire régionale.

Un point d'intérêt supplémentaire est lié en outre à l'utilisation de la modélisation LUTI (*Land Use and Transport Integrated*) et du logiciel Tranus, qui a été utilisé dans de nombreux cas et à différentes échelles spatiales, principalement en Amérique du Sud, mais beaucoup moins en Europe, en particulier par rapport à des modèles régionaux. L'intérêt principal était donc d'appliquer Tranus dans l'étude d'une hypothèse de TOD régionale en Europe.

Le travail montre donc la potentialité du logiciel de simulation *Tranus* et de la modélisation LUTI en général, compte tenu de la complexité et de la difficulté de mise en place, d'implémentation et de calibration. En plus le modèle a permis de tester l'applicabilité dans un contexte régionale européen des principes du TOD, en montrant des fortes potentialités tandis que de limites de reproductibilité. On observe ainsi que la modélisation intégré d'usage du sol et transport peut se révéler un instrument de support à la planification et l'aménagement et en outre que des principes de développement urbain orienté vers les transports en commun, appliqués sur l'ensemble d'un territoire régionale, peuvent provoquer des effets et de résultats très différents en fonction du contexte territoriale spécifique.

Mots-clés

Transit Oriented Development ; Urbanisme des transports collectifs ; Tranus ; Modélisation intégrée d'usage du sol et des transports

1. Le Nord Pas de Calais. Contexte général et dynamiques régionales du logement et de l'usage du sol.

La région Nord pas de Calais est située à l'extrême nord de l'hexagone et représente un carrefour stratégique au cœur de l'Europe entre la France, les pays nordiques qui donnent sur la Manche et la mer du Nord (notamment la Belgique et les Pays Bas) et le Royaume Uni, en occupant une position centrale entre trois des plus grandes métropoles européennes: Paris, Londres et Bruxelles. Au niveau institutionnel le territoire régional est reparti entre deux départements: le Nord (59) et le Pas-de-Calais (62) et l'agglomération lilloise représente le centre urbain régional le plus représentatif et le plus influent au niveau économique, culturel, démographique et des services, ainsi que le principal pôle attractif de demande d'emploi et de transport. En plus de celle lilloise la région compte 11 agglomérations urbaines avec plus de 50.000 habitants. La population régionale est moyennement la plus jeune de France (après l'Ile-de-France), est installée pour ses trois-quarts en milieu urbain (Région NPDC, 2012) et croît très faiblement (environ l'1‰ par an) (INSEE - NPDC, 2012), avec une augmentation plus marquée dans la métropole lilloise et plus ou moins stables dans les autres agglomérations (Daubaire & Hublau, 2008). Bien que le Nord Pas de Calais soit la 4éme région industrielle française (avec une spécialisation dans l'industrie automobile, ferroviaire et textile), avec actuellement une forte croissance du secteur tertiaire (77% des emplois de la région en 2012 (INSEE - NPDC, 2012)) et de l'innovation, l'INSEE caractérise la situation socio-économique régionale, comme celle d'une région *affectée par le chômage et la précarité* (INSEE - NPDC, 2013).

Le territoire régional présente au même temps des niveaux d'artificialisation du territoire très élevés et une quantité de surface agricole supérieure à la moyenne nationale. En particulier les terres urbanises représentent environ le 17% du territoire régionale (contre le 9% de moyenne nationale), avec un pourcentage de surface bâti qui dépasse d'environ 3 fois la moyenne nationale (4,3% contre 1,5%) (INSEE - NPDC, 2012). Plusieurs facteurs sont explicatif du phénomène croissante de périurbanisation qui affecte le territoire régionale: le progressif détachement des aires urbaines principaux (Lille, Arras, Berck, Saint-Omer); la croissance des communes multipolaires et l'augmentation des distances entre les centres urbains et les lieux de résidence des nouveau ménages. Le taux d'artificialisation des territoires avance avec une progression des 1800 ha/an et avec une consommation moyenne d'espaces naturels, agricoles et forestiers d'environ 1600 ha/an (tendance en baisse du 10% par rapport à la décennie précédente). Les aires urbaines régionales accueillent en fait environ le 90 % de la population et de ce fait la lutte contre l'étalement urbain constitue l'un des enjeux majeurs au niveau politique, avec des objectifs précis, qui vont dans la direction de limiter l'artificialisation des sols à 500 ha/an et donc la consommation des espace agricole à –1250 ha/an à l'horizon 2020 (DREAL, 2013).

Sur le 17,2 % de surface artificialisé de la région, le 69% est du foncier urbain, le 26% est constitué d'infrastructures et outres équipements publics et le 5% en espace urbains en devenir. En particulier en regard au foncier urbanisé, l'80% est exclusivement de type résidentiels alors que le 20% est de type mixte (habitat et activités). Les trois-quarts des résidences principales en Nord-Pas-de-Calais sont des maisons individuelles, (l'80% dans le département du Pas de Calais) (INSEE - NPDC, 2012), mais si on considère les différents bassins d'habitat de la région, les ménages se logent plus de fréquent dans des logements collectifs (le 45,4%) dans la métropole lilloise, alors que les maisons anciens sont plus nombreuses dans le bassin minier (construites entre 1915 et 1948) et les résidences secondaires dans les zones côtières (le 74% de la région) (INSEE - NPDC, 2008a)

À ce propos le Programme Local de l'Habitat 2012/2018 de Lille Métropole est un document qui essaie de traiter dans une approche prioritaire et volontariste la thématique de l'accès au logement, en s'appuient sur l'objectif de promouvoir un habitat de qualité, abordable du point de vue économique, mixte et solidaire, dans une stratégie de ville intense (Lille Métropole, 2012). Le programme prévoit comme objectif d'assurer 6000 logements neufs par an (Lille Métropole, 2012). À travers des critères de continuité du tissu urbain et de proximité aux services des transports en commun et aux fonctions urbaines, ont été en fait identifiées des espaces doté d'un haut potentiel de construction et donc préférentiels pour la création des nouveaux logements e donc de nouvelles centralités. Dans le cadre du Schéma Régional d'Aménagement du Territoire (SDRADT), a été en outre mise en place la Directive Régionale d'Aménagement (DRA) sur la maitrise de la périurbanisation, qu'énonce des principes d'action pour la gestion du phénomène d'étalement urbain qui affecte la région (Conseil Régional NPDC, 2009). L'objective est de maitriser la périurbanisation à travers l'idée de favoriser la densification urbain en suivant l'armature des réseaux de transport en commun, de manière attractive et socialement accessible et en préservant le milieu rurale (Conseil Régional NPDC, 2009).

2. Situation régionale des transports et de la mobilité et stratégies de développement

La région Nord Pas de Calais présente une importante dotation en infrastructures de transports et se trouve à faire face à des défis assez complexes par rapport à l'organisation du système de mobilité régionale. Malgré une tendance à la baisse des immatriculations de véhicules neufs (-14,5% en 2012), qui se confirme en manière toujours plus importante depuis le 2010 (INSEE - NPDC, 2013), en analysant l'Enquête Régionale Mobilité et Déplacement (ERMD) du 2009, on constate toujours la prédominance de la voiture particulier dans les choix de déplacement. En particulier l'enquête indique un taux de mobilité que s'atteste à 3.88 déplacements par jour par personne, dont 2.44 effectués en voiture (65% des déplacements) et 0.25 en transports en commun (6.4%) (Conseil Régional NPDC, 2010). La marche à pied représente la deuxième modalité de déplacement la plus diffuse (24.1%), alors que le taux d'occupation des voiture particuliers s'atteste au niveau régionale à 1.26 personne par voiture. En considérant exclusivement les transports collectif, les modes urbaines (bus urbain, tramway et métro) représentent le 70% des déplacements, avec le train au 8.3% et le bus interurbains au 4.7% (Conseil Régional NPDC, 2010). Le 23.3% des déplacements regardent la mobilité du type *domicile-travail*, dont le 10% sont effectués à pied, le 77% en voiture et le 6.8% avec des transports en commun (Conseil Régional NPDC, 2010). Dans la métropole lilloise en particulier, les déplacements *domicile-travail* sont passés d'une durée moyenne de 13,3 minutes en 1998 à 14,9 minutes en 2008, avec une distance moyenne qu'y est passée dans la même période de 2,8 km à 3 km. En outre la moitié des salariés qui se déplacent chaque jour vers la métropole lilloise perçurent des distances en moyenne supérieurs à 30 Km ou à 35 minutes (INSEE - NPDC, 2008).

Les zones d'emploi de Lille et Valenciennes se caractérisent par des taux d'entrée supérieurs aux taux de sortie, au contraire des zones d'emploi de Sambre-Avesnois, Cambrésis, Béthune-Bruay, Lens-Hénin, Douaisis et Flandre-Lys, qui présentent une tendance inverse (INSEE - NPDC, 2008). La majorité des flux *domicile – travail* convergent donc vers la métropole lilloise, mais existent également des flux transversaux entre les aires urbaines de l'Arc sud et du Bassin minier, surtout entre le Valenciennois et le Douaisis, le Cambrésis et l'Avesnois et entre l'Artois et l'aire de Lens et Béthune (Dezetter, 2013). La situation des territoires du bassin minier présente par contre des importantes difficultés de type socio-économique, qui s'associent à un taux de possession de la voiture particulier qui dépasse la moyenne nationale (Dorantes & Heddebaut, 2012).

Le Schéma Régional des Transports et des Mobilités (SRTM), volet du Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire (SRADDT) pour le Nord Pas de Calais, synthétise sa vision stratégique de développement du système de transport régional au 2030, dans la proposition de « *Faire du Nord Pas de Calais un hub au cœur de l'Europe* » (Conseil Régional NPDC, 2013). Il s'agit d'un défi important mais qu'on peut considérer tout à fait à la portée de ces territoires, en raison de la position stratégique et de la dotation en infrastructure déjà suffisamment performante. Plus en détail l'intérêt est de développer un système de transport le plus possible équilibré et orienté à l'intermodalité et l'usage des transports en commun (notamment les services ferroviaires TER), en gérant la tendance en acte à la métropolisation, à travers la mise en réseau des principales aires urbaines et donc des flux qui vont se générer entre eux, en limitant les disparités et l'isolement des certaines aires moins attractifs (Conseil Régional NPDC, 2013). Les solutions proposées vont donc dans la direction de hiérarchiser les trafics routier, en promouvant une offre intermodale entre la route et les transports en commun, des pratiques de mobilité alternatifs comme le covoiturage et l'autopartage et en renforçant les liaisons entre les aires côtières et l'aire urbaine centrale. Des réflexions et des études ont été aussi mise en place pour évaluer l'opportunité d'introduire des systèmes de péage et de tarification du réseau autoroutier, en particulier pour les poids lourds en transit.

2.1. Le contexte du transport ferroviaire régionale

Le Nord Pas de Calais est surement une région à l'avant-garde dans le cadre du transport ferroviaire, toutefois on peut encore constater des évidentes disparités et inégalités territoriaux par rapport aux niveaux de connexion avec le réseau ferroviaire de grande vitesse nationale et internationale, ainsi que aux destinations régionaux. Dans ce contexte plusieurs sont les objectives et perspectives au niveau des politiques régionaux de transport et mobilité, comme le doublement de la fréquentation des services de TER et la connexion des tous les principaux pole urbains régionaux avec la métropole lilloise en moins d'une heure. Le renforcement des liaisons ferroviaires entre Lille et l'Arc sud, qui comprennent l'aire urbaine de Béthune, Lens et Douai s'avère aussi stratégique, dans le cadre d'une décongestion des accès routiers à la métropole lilloise et d'une limitation de l'étalement urbaine dans ces territoires. En particulier le SRTM indique la nécessité de constituer un service de type RER à localiser long les autoroutes A1 et A25, avec une incitation à l'intermodalité route/train pour faciliter le report modal vers le ferroviaire. Outres objectives sont ceux de accélérer la modernisation ferroviaire du Littoral, améliorer les liaisons

transversales régionales et renforces les liens des principaux centres régionaux au réseau européen de la grande vitesse (Conseil Régional NPDC, 2013).

Entre 2002 et 2010 les voyageurs en TER ont augmentés de 85.000 à 115.000 par jour et donc du 32%, en comparaison à une hausse du 27% de l'offre ferroviaire. Pour soutenir cette tendance favorable plusieurs travaux et interventions d'amélioration du réseau ferroviaire ont été mise en place. En particulier un projet qu'actuellement suscite beaucoup d'intérêt et sur lequel les collectivités régionales basent des vastes ambitions est celui de la liaison rapide RER entre Lille et Hénin et donc entre la métropole et le bassin minier. Il s'agit d'un tronçon ferroviaire neuf, d'environ 30 km, qui prévoit une liaison rapide (avec un temps de parcours prévu de 17/21 minutes et fréquences de 5 minutes en heure de pointe et de 10 minutes en heure creuse (Conseil Régional NPDC, 2013)) entre la gare lilloise de Lille Flandres à Hénin-Beaumont, en passant par Lesquin Aéroport, Seclin, Carvin et le terril de Saint-Henriette. L'objectif est celui de rééquilibrer les flux entre l'aire centrale de la région et Lille et de capter avec le service ferroviaire environ 30.000 voyageurs journaliers (avec des simulations qu'ont prévus 50.000 voyageurs à l'horizon 2030 (Nord Eclair, 2013)), voit le 30% des déplacements effectués en voiture (Conseil Régional NPDC, 2013). Cet ambitieux projet prévoit un important investissement financière, évalué par le Conseil Régional dans l'ordre de 1,2 milliard d'euros, avec également des contributions effectuées par l'Etat et l'Europe (Nord Eclair, 2013).

3. L'intérêt d'une modélisation intégrée d'usage du sol et transport pour le Nord Pas de Calais

Le réseau ferroviaire de la région comprend en totale 210 gares ou points d'arrêts et la gestion du foncier autour de ces points d'accès aux services ferroviaires et de transport en commun est un enjeu de grand intérêt. Comme observent A. Groux et P. Menerault (2011), depuis l'introduction de la loi Solidarité et Renouvellement Urbains (Décembre 2000) et ensuite avec la Loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (Aout 2009) et la loi Engagement National pour l'Environnement, la législation française a fortement incité les collectivités à agir en faveur du développement urbains orienté vers le rail et les transports en commun. Notamment avec l'introduction des densités minimales dans le aires environnantes les gares et en donnant la priorité soit à l'urbanisation des secteurs déjà doté de services de transports en commun performantes, soit à opérations de nouvelle urbanisation, intégrée avec le réseau du transport collectif (Groux & Menerault, 2011).

Si donc l'exigence qui sort est celle de concevoir des politiques qui favorisent la concentration du développement urbain en proximité des réseaux de transport en commun, dans ce travail on essaie de proposer une approche cohérente et de support à la décision, ainsi que croisé entre transport et urbanisme; qui puisse agir en relation au contexte territorial et fonctionnel spécifique et donc en résolution des couples de tension qui caractérisent l'interaction entre les différents échelles temporels et spatiales du territoire (proximité et accessibilité, mixité et diversité, échange et intimité, densité et qualité (Menerault, 2013a)). En conséquence de cette idée d'organisation stratégique du territoire régionale, le rapport entre gare et ville et entre réseau et territoire devient un enjeu crucial, que comme observé par P. Menerault (2013a), dans le cas de la région Nord Pas de Calais, s'articule selon deux problématiques principales. D'abord est importante le niveau d'adaptation des équipements existantes aux nouveau exigences et modalités d'organisation fonctionnels des services de transport en commun proposés, notamment ferroviaire, d'autre part émerge l'exigence de considérer une approche systémique, plus équilibrée par rapport aux différentes centralités et polarités présentes sur le territoire et moins basée sur un logique radiale et monocentrique qui converge exclusivement sur les gares lilloise. Cette *spécialisation monofonctionnelle* du territoire peut être en fait associée au phénomène de la périurbanisation, ainsi qu'à une spécialisation sociale de l'espace, à une dépendance de l'usage de l'automobile et à un usage extensif du foncier (Conseil Régional NPDC, 2009).

On entend décliner cette vision de développement structuré autour du réseau TER, en proposant de tester et évaluer le sens d'un Plans Régionale de de *Transit Oriented Development* ou plus précisément d'*urbanisme des transports en commun*, en Nord Pas de Calais grâce à l'utilisation du logiciel de simulation intégré d'usage du sol et transport *Tranus*. Le but est d'analyser, simuler et évaluer les dynamiques d'interaction entre le système de transport, le système économique et des activités et le système résidentiel, avec une approche multi scalaire (urbain, suburbain et régionale) et multi temporel. L'intérêt est donc celui d'analyser, grâce à l'implémentation du modèle, les effets de ces politiques par rapport à la résolution des problématiques comme l'étalement urbain et la constante prédominance de la voiture dans la répartition modale globale de la demande de transport.

4. Les Modèles d'Usage du Sol et Transport (MUST) et le choix du logiciel *Tranus*

« *Un Modèle d'Usage du Sol et Transport (MUST) est une représentation théorisée et formalisée afin d'analyser un territoire dans ses aspects spatiaux, économiques et sociaux.* » (Laurent, 2012)

A travers l'utilisation de la modélisation intégré d'usage du sol et transport est possible effectuer des simulations sur des horizons temporels futurs, qui fournissent des prévisions relatives aux transports, à la localisation de la population et des emplois, tandis que à l'estimation des évolutions des prix foncières et immobiliers. L'idée est de combiner et lier les fonctions de prévision de la demande de transport à ceux d'estimation des dynamiques d'usage des sols et donc de localisation des résidences et des emplois, pour ensuite simuler les influences réciproques. Si les modèles de transport classiques prévoient l'insertion des données sur l'usage du sol de manière exogène, pour chaque horizon temporel simulé, les MUST (ou LUTI[1]) peuvent directement générer les prévisions sur l'évolution de l'usage de sol, qu'iront ensuite à influencer le changement dans les niveaux d'accessibilité et donc le système de transport.

Ce type de modélisation permet donc de simuler le fonctionnement socio-économique d'un territoire et les comportements des ménages et des emplois, ainsi que les effets structurant de l'offre de transport sur la composition spatiale de l'aire d'étude. Il s'agit des modelés capables de faire interagir ces systèmes en fonction de certains facteurs clés: l'accessibilité, les couts de transport et les prix fonciers et immobiliers (Nguyen-Luong, 2012).

« *Le ménage est modélisé comme une entité décisionnelle, rationnelle, soumise à une contrainte budgétaire entre les dépenses (de logement, de transport, en autres consommations) et les revenus, parmi lesquels les revenus d'activité professionnelle.* » (Laurent, 2012)

Les MUST requirent la définition des catégories relatives à la population, à l'emploi et aux différentes activités productives présentes dans le terrain d'étude. En suite nécessitent la définition des caractéristiques physiques (infrastructures) et opérationnels (services) du système de transport et des typologies d'usage du sol présentes, avec les relatifs surfaces disponibles et prix fonciers ou immobiliers. Dans la plupart des cas le terrain d'étude est représenté en le subdivisant en zones discrètes et le facteur temporel est considéré en définissant aussi des intervalles temporels discrets, de un ou plusieurs ans.

Entre les théories à la base des modèle s'usage du sol et transport on peut distinguer une approche opérationnelle, basée sur la théorie des interactions spatiales (Lowry, 1964), ou sur la théorie de maximisation de l'entropie (Wilson, 1970), dans lequel les modèles d'usage des sols ont pour objectif l'étude des relations entre les différentes activités dans une zone localisée, sur la base de l'analogie avec la théorie gravitationnelle de Newton et les principes physiques de la maximisation de l'entropie. Les travaux de microéconomie urbaine effectués par Von Thünen (1826), Wingo (1961) et Alonso (1964) représentent également un apport fondamental dans le cadre de l'étude des comportements des ménagés par rapport à leur choix de localisation. Les modèles économétriques d'*input/output* (entrées-sorties), sont normalement utilisés pour représenter les flux économiques qui regardent le terrain d'étude, comme dans le cas du logiciel de modélisation *Tranus* (T. de la Barra, 1989). L'ensemble de la structure de ces modèles d'*input/output* s'appuie sur des modèles économiques intégrés où la demande de transport est obtenue en fonction de toutes les relations économiques qui se produisent entre les activités productives présentes dans la zone d'étude.

La littérature scientifique présente une large quantité de documents qu'analysent les différentes modèles LUTI utilisés et fournissent des comptes rendus de leurs principaux potentialités, faiblesses et caractéristiques opératifs (CERTU, 1996 ; DETR, 1999 ; NCHRP, 2002 ; Timmermans, 2003 ; DT, 2005 ; Hunt, et al., 2005 ; Zhao & Chung, 2006). En particulier on renvoi aux travaux de M. Wegener (2010), qui fournit une synthèse des différentes méthodes utilisés et des avantages et désavantages des principaux modèles LUTI.

Plusieurs chercheur, dont F. Laurent (2012) observent cependant que la modélisation LUTI ou MUST représente un outil qui peut être appliquée pour répondre aux problèmes et au questionnement typique des aménageurs et des urbanistes, par sa potentialité et capacité de spatialisation et de décomposition des temporalités et des différents aspects comportementaux des acteurs qui contribuent à l'évolution des territoires. Toutefois la complexité de base dans la conception et implémentation des modèles et la nécessité d'une approche

[1] En anglais: modèles LUTI (Land Use and Transport Integrated models),

spécialisée et multidisciplinaire, posent un problème d'ingénierie et donc de compétence, ainsi qu'un problème de temporalité, de reproductibilité et de partage entre chercheurs et décideurs sur les objectives et questions à poser à la modélisation (CERTU - PST Rhône-Alpes, 2011). L. Bertolini (2014) observe également la nécessité de supporter le processus d'apprentissage des MUST par les professionnels et les acteurs de la planification et de l'aménagement. Ces problématiques se répercutent ensuite dans la difficulté à créer, entre plusieurs maitres d'ouvrages, des partenariats destinés à l'implémentation des modèles LUTI.

Dans ce travail le logiciel de simulation intégré *Tranus* a été considéré l'outil plus adapte et cohérente dans l'optique de tester l'applicabilité et la potentialité des politiques de *TOD* (Calthorpe, 1993; Cervero, 1998; Bertolini, et al., 2009), lesquelles prévoient une densification urbaine le plus possible structurée et axée sur les réseaux des transports collectifs, en promouvaient les principes de qualité du design urbain, de mixité fonctionnelle, de priorité aux modes de transport actifs et accessibilité vers les transports collectifs, avec l'objective de réduction de la circulation automobile et de l'étalement urbain.

Effectivement les caractéristiques et potentialités de représentation multi scalaire, propres du logiciel *Tranus*, représentent le facteur qu'en manière principale a influée sur le choix du logiciel pour ce travail de modélisation. Le fait en outre que *Tranus* soit diffus sous forme de logiciel libre et prévoit un support continu et direct par ses créateurs à travers un forum en ligne[2], a contribué dans le choix d'utiliser ce logiciel.

Tranus se distingue en particulier par sa caractéristique d'intégrer plusieurs approches théoriques différentes dans une unique structure, qui représente soit les phénomènes liés aux transports qu'à l'usage du sol[3]. Il présent une approche de type agrégée, basée sur l'équilibre entre l'offre et la demande (de transport, foncière ou immobilière), en fonction du prix et du temps. *Tranus* est basée sur un modelé *logit* emboîté multinomiale (T. de la Barra, 1989) et à travers un modèle spatial d'entrées-sorties (*input-output*), permet de définir les relations entre consommation et production pour les secteurs d'activité considérés, selon des fonctions de demande qui peuvent être inélastiques ou élastiques (en fonction du prix)[4].

Tranus inclus un sous-modèle transport (qui s'occupe de l'affectation de la demande de transport et de la définition de la répartition modale et des niveaux de congestion) et un sous-modèle d'activité (qui simule la localisation et l'interaction entre les activités) et à travers un module d'interface, simule les interactions entre les deux, en utilisant comme paramètres d'équilibre respectivement le temps de déplacement et/ou d'attente et le prix foncier et/ou immobilier (Modelistica, 2013). Pour chaque zone du modèle et pour chaque secteur d'activité sont définies les valeurs de production et de demande, de type exogène et induit, les imports et exports relatifs au terrain d'étude, les contraintes de production, les couts de consommation et production et les prix d'équilibre. Les secteurs exogènes sont uniquement consommateurs d'input provenant par l'extérieur de la zone d'étude. Les secteurs d'activités endogènes sont par contre consommateurs et producteurs et sont des secteurs induits par la production de type exogènes. Le mécanisme de localisation et distribution des ménages et des emplois dans l'espace suive le principe de la minimisation du cout généralisé d'implantation et donc de la maximisation de la fonction d'utilité. *Tranus* permet en outre de représenter le système de transport de manière très détaillé, en tenant compte des contraintes de capacité et de la congestion et la demande de transport est caractérisé par catégorie d'usagers et par motifs de déplacement, en permettant d'affecter la demande sur un réseau de type multimodale et spatialisé. En synthèse les acteurs et les secteurs qui sont en relation avec le sous modèle d'occupation du sol, se localisent en fonction des valeurs d'accessibilité et de l'évolution des prix fonciers, donc en fonction du niveau d'attractivité de chaque zone du modèle. La possibilité d'implémenter des scénarios de simulation pour des horizons temporels futurs, permet ensuite de tester et évaluer les effets sur le terrain d'étude de certaines hypothèses d'évolution et de sortir des données sur le dynamiques de localisation résidentiel, sur

[2] https://groups.google.com/forum/?fromgroups#!forum/tranus

[3] La macro économie spatiale (*Von Thunen*), le modèle gravitationnel et de l'entropie (*Lowry, Wilson*), le modèle comptable *input*/*output* (*Leontief*), le modèle d'utilité aléatoire et choix discrets (*McFadden*), l'algorithme du plus courte chemin (*Dijkstra*).

[4] Les secteurs « *transportables* », lesquels peuvent être consommés dehors de leur zone de production, sont réglés par des fonctions de demande de type inélastiques, alors que les secteurs « *non transportables* », qui sont consommés exclusivement dans leur zone de production et pour lesquels la distribution de la demande se modifie en fonction du prix (les sols et les secteurs immobiliers), sont réglés par une fonction de demande de type *élastique*

l'évolution des prix du sol et des flux de trafic qui affectent le réseau de transport, ainsi que la répartition modale de la demande.

5. Hypothèses de base, données, structure générale et implémentation du modèle *Tranus* pour la région Nord pas de Calais

La démarche de modélisation se compose de plusieurs étapes qui se subséquent et qui s'intègrent l'une l'autre, de manière interdépendante. En substance, il s'agit de définir d'abord le objectives et les hypothèses de caractère générale, en spécifiant le terrain d'étude, le zonage et les indicateurs d'intérêt à modéliser et analyser, toujours en tenant compte de la disponibilité des données observés pour le terrain d'étude, dans la période temporel de référence. Dans ce travail, le modèle prend en compte que les caractéristiques fonctionnels des terrains urbanisés, en associant à chacune des catégories d'usage du sol considérées une typologie immobilier spécifique, en manière de pouvoir définir des hypothèses de densité d'occupation du sol et aussi pour mieux associer aux zones du modèle les données des prix immobiliers disponibles.

Pour la définition du zonage (Figure 1) a été reproduit l'organisation administrative régionale actuelle et donc identifiées 16 zones « *Ville centre* » représentantes les principales agglomérations urbaines régionales. Plus précisément la définition de ces agglomérations urbaines, pas toujours institutionnellement reconnus, a été effectuée sur la base d'une observation cartographique, sans tenir compte des effectifs limités administratives communales. Chacune des 16 zones Ville centre est en fait une agglomération des deux ou plusieurs municipalités, sauf dans le cas de la ville de Lille. Le zonage du modèle référé à la métropole lilloise a été en fait analysé d'une façon plus désagrégée, en créant une zone relatif à la municipalité de Lille et autres 21 zones relatifs aux municipalités plus représentatives (par taille et densité de population) de l'agglomération métropolitaine (*Zones LMCU*). Pour tenir compte dans le modèle de tout le reste de la population régionale ont été définis également 15 zones, correspondant au *reste du territoire*, inclus dans les principaux bassins d'emploi régionales (Zones d'Emploi selon la classification proposée par l'INSEE), chacun gravitant autour d'une ville principale spécifique. Chaque zone correspond dans ce cas à une agrégation de plusieurs municipalités, allant de cette façon à couvrir la totalité de la population et de l'offre d'emploi régionale. Ont finalement été définis 14 zones de développement urbain orienté vers le rail ou « *Zones pour le TOD* », en utilisant une classification des gares par type et niveau d'intégration avec la structure urbaine environnante effectué dans le cadre d'une précédente recherche (Van der Poorten & Nedellec, 2013).

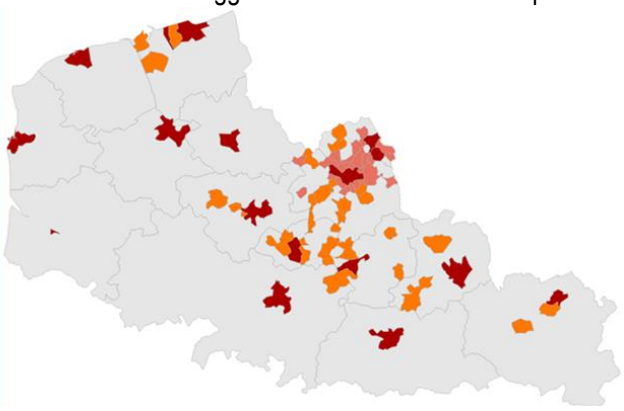
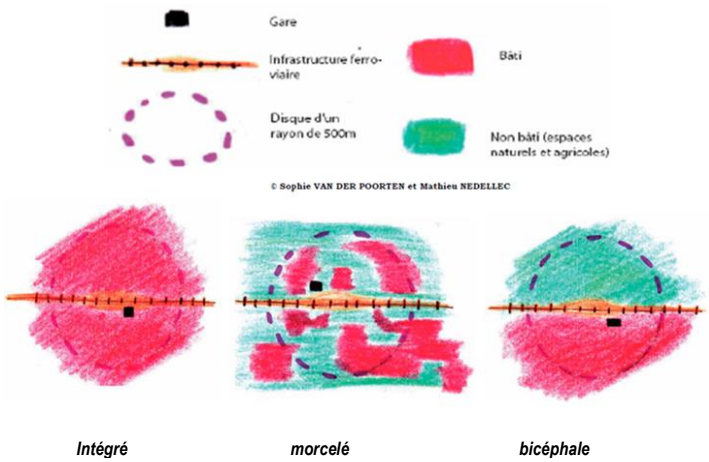


Figure 1: Le zonage du modèle



Intégré *morcelé* *bicéphale*

Figure 2: Typologies des quartiers de gare retenus pour l'identification des zones avec du potentiel de TOD (Van der Poorten & Nedellec, 2013)

En particulier parmi les cinq types de configurations spatiales identifiés par Van der Poorten & Nedellec (2013) (*intégré; bicéphale, morcelé, isolé, rurale*) (Figure 2) trois ont été identifiées comme plus susceptibles de recevoir des interventions de TOD. Des corridors ferroviaires caractérisés par la présence des groupes de deux ou plus gares consécutives, qui répondent aux caractéristiques des gares *intégré; bicéphale* et *morcelé*, ont été considérées représentatif des zones urbaines

potentiellement capables d'accueillir des interventions de TOD.

Pour tenir compte du caractère transfrontalier du territoire régionale du Nord pas de Calais, ont été constituée 7 zones externes et des matrices *O/D* exogènes, représentant les déplacements (pour les motifs *domicile-travail* et *domicilie-service*) en entrée, sortie et de traversée dans la région. Une matrice *O/D* exogène a été également introduite pour tenir compte des flux relatif aux poids lourds.

La population a été considérée sous forme de ménage et en fonction de la catégorie socio-professionnelle et des revenus annuels moyens du chef de ménage (*hauts revenus, moyens revenus, bas revenus*). Pour chacune des catégories de population, il a fallu créer des catégories de transport correspondant, relatif aux motivations de déplacement *domicile-travail* et *domicile-service* et définir plusieurs paramètres relatifs aux préférences comportementales et aux habitudes de mobilité (valeur du temps de déplacement; valeur du temps d'attente; taux de mobilité; couts de l'énergie; préférences et pénalités; etc.).

Par rapport au système de transport, il faut définir d'abord la structure du réseau physique de transport qui se développe à l'intérieur de l'aire d'étude, en spécifiant les caractéristiques fonctionnelles (capacité, réduction de vitesse en fonction de la congestion, connexions, péages, etc.) correspondantes à chaque type d'infrastructure (routes urbains, nationaux, autoroutes, réseaux ferroviaires, de tramway, métro, etc.). Ensuite il faut introduire dans le modèle ceux qui *Tranus* définie comme les infrastructures opératifs de transports, c'est-à-dire tous les différentes modes ou operateurs de transport qui peuvent circuler à l'intérieur du réseau, spécifiés selon leur caractéristiques distinctifs (vitesse pour typologie de réseau, consommation d'énergie par unité de distance, capacité et taux d'occupation moyen, etc.) et surtout tous les lignes de transport collectifs en service, caractérisées selon leur fréquence, tarification et interaction fonctionnelle.

Dans le modelé ont été créés 11 typologie d'opérateur de transport (Voiture, Bus urbain, Bus suburbain, Tramway, Metro, Train Régional, TGV, TGV Régional, Vélo, Piéton, Poids Lourdes/Camions) et a été également définie la matrice des coûts de transfert entre opérateurs de transport, qui représentent le coût monétaire des transferts entre les différents opérateurs et grâce à laquelle on peut pour exemple représenter les politiques d'intégration tarifaire dans les services de transport en commun.

Le temps de référence pour la modélisation est l'heure de pointe et en particulier les trois heures qui représentent normalement le pic de trafic pour les déplacements du type domicilie-travail (06h00-09h00).

Dans le modèle a été donc chargé l'ensemble de l'offre de transport collectif régional, c'est-à-dire l'ensemble des lignes de transport en commun actifs en 2009 (période de référence du scénario de base). Ces sont les lignes ferroviaires régionales et nationales et les lignes de bus urbains et suburbains opérant dans la région, ainsi que les lignes urbains de tramway (Lille et Valenciennes) et du métro automatique (VAL) de Lille.

Des catégories correspondantes aux différentes typologies de secteur d'activité et d'usage des sols dans la zone d'étude, ont été en outre définies, dans le but de reproduire la structure du système résidentiel et des activités de la région. Ce travail a été réalisé à partir des bases de données fournis par le système SIGALE (Système d'Information Géographique (SIG) de la Région Nord Pas de Calais) et en utilisant les données sur les dynamiques liées à l'emploi et aux activités productif de la région, fournis par l'INSEE. En particulier par rapport aux secteurs productifs ont été introduits 2 secteurs d'activités exogènes (secteur industrielle et des constructions et secteur agricole), pour lesquels les ressources nécessaires à la production viennent de l'extérieur de la zone d'étude, et deux secteurs d'activités endogènes ou induits (tertiaire service et tertiaire public), pour lesquels les ressources nécessaires à la production viennent des secteurs exogènes. En relation à ces secteurs ont été introduit dans le modèle les données relatifs au nombre d'emplois par secteurs d'activité et par zone du modèle.

Enfin par rapport à l'occupation du sol ont été identifiées 6 typologies principaux d'usage du sol, correspondent à presque la totalité des surfaces urbanisées de la région Nord pas de Calais, à l'exception des établissements hospitaliers et scolaires et des infrastructures de transports.

Les typologies qu'ont été choisi sont les suivants: terrain résidentiel; terrain urbain continu dense ou mixte; terrain résidentiel collectifs; terrains résidentiels isolés; terrain zones d'activités; espaces en friche et à bâtir; terrain

TOD[5]. Pour les différents types d'usage des sols, les données relatives à la superficie disponible et aux prix des sols par unité de surface[6], pour chaque zone, ont été chargés dans le modèle.

Pour le calcul du prix du sol a été appliquée une procédure selon laquelle, à partir du prix moyen de vente (par unité de surface), on obtient le prix correspondant au paiement mensuel d'une hypothèque ou emprunt sur le montant total du prix de vente de la surface (fonction VPM sur Excel). En *Tranus* en fait pour reproduire les particulières dynamiques économiques liées au marché immobilier et des terrains, est préférable d'utiliser le prix de location par unité de surface que les prix de vente.

La section *Intersector* représente enfin le cœur du modèle, en tant que module d'interface entre le module transport et le module usage du sol et car il permet de définir toutes les relations et interactions entre les différents secteurs économiques et d'usage des sols définis ci-dessus. Les valeurs à insérer dans cette section du modèle représentent les valeurs unitaires des salariés "consommés" pour chaque unité de production et pour chaque secteur d'activité et leur définition permet de préciser les dynamiques d'interaction entre secteurs du modèle[7]. Dans ce cas spécifique les secteurs d'activité peuvent «*consommer*» la main d'ouvre, composé par les catégories d'emplois, classées par salaire moyen et catégorie socio-professionnelle, ainsi que certains types de sols; en générant dans le modèle, respectivement les flux de type *domicile-travail* et les dynamiques de choix de localisation des activités. Les catégories de population (ménages) peuvent à leur tour «*consommer*» les secteurs d'activités endogènes (tertiaire) et certains types de sols (terrains résidentiels); en générant dans le modèle, respectivement les flux de type *domicile-service* et les dynamiques de choix de localisation résidentielle des ménages.

6. Les scénarios s de simulation, la phase de calibration et les résultats de la modélisation

Le travail de modélisation intégrée, mise en place en utilisant le logiciel *Tranus*, sur le terrain de la région Nord pas de Calais, prévoit trois différents scénarios de simulation. Les scénarios se développent sur un horizon temporel de 16 ans et considèrent comme période de départ et de référence l'an 2009 et en arrivant au 2025 à travers quatre simulations, relatifs aux périodes 2013, 2017, 2021 et enfin 2025.

Le choix du 2009 comme période de référence est lié essentiellement à la disponibilité des donnés, qui pour cette période résultent de libre accès, grâce aux résultats du recensement fournis par l'INSEE.

En particulier le *scénario A* « au fil de l'eau », ne prévoit pas des changements dans les politiques des transports et d'usage des sols. L'unique variation présente est relative au coût du carburant qui, selon une hypothèse très restrictive (et favorable au trafic routier), a été augmenté depuis une valeur de 1.4 euros par litre dans le 2009 jusqu'à une valeur de 2 euros par litre dans le 2025. Une ultérieure variation présente dans le *scénario A*, qui résulte commune à tous les autres scénarios (comme pour l'évolution du coût du carburant), est relative aux hypothèses de croissance démographique et des emplois pour la zone d'étude, considérées du l'1‰ par an, en accord avec les prévisions fournis par l'INSEE (INSEE - NPDC, 2012).

A été ensuite implémenté un *scénario B* qui correspond à l'application d'un *Plan Régional de TOD* et qui prévoit dans les zones avec un potentiel de TOD, des interventions de densification urbain et d'amélioration et renforcement de la qualité de l'offre des services de transport collectifs, de manière progressive. À partir de ce deuxième scénario a été développé aussi un troisième *scénario C*, qui prévoit en adjointe à l'hypothèses précédentes, des interventions de découragement de l'usage de la voiture et d'incitation à l'usage des transports collectifs, comme l'introduction du péage autoroutier et l'institution d'un système d'intégration tarifaire entre le service ferroviaire régionale et les réseaux des transports collectifs urbains.

---

[5] La typologie *terrain TOD* a été créée spécifiquement dans le cadre de ce travail de modélisation. Les autres correspondent à la classification officielle proposée par l'INSEE.

[6] L'estimation des prix fonciers relatifs aux typologies d'usage du sol considérées dans le modèle a été effectuée en utilisant, comme source, les données fournis par le site internet *www.meilleursagents.com*. Il s'agit d'une base de données immobilière des notaires, disponible gratuitement en ligne, relative aux actes de mutations, aux opérations foncières et immobilières d'aménagement, réalisées et enregistrées par l'ensemble des études notaires de France.

[7] Pour chaque type d'usage du sol doivent être définies les quantités maximales et minimales de surface consommée en moyenne, par chaque catégorie de demande (de population ou d'activité économique). Il s'agit d'estimer en fait des valeurs de consommation de sol par unité de population et d'emplois et donc d'introduire dans le modèle des indicateurs qui seront sous la forme de surface/habitant par type de sol (donc l'inverse de la densité).

L'hypothèse d'implémentation d'un *Plan Régional de TOD*, consiste en substance dans l'activation d'une politique de densification (résidentiel et des activités), selon les principes de mixité et multifonctionnalité propre du TOD, qui prévoit une modification de l'usage du sol dans les quartiers de gares, avec l'objective d'englober le plus possible les aires environnants les gares aux respectifs centre urbains denses.

Cette opération prévoit la transformation d'un pourcentage des terrains en friche et de type résidentiel en terrain résidentiel continue dense (mixte) et d'un pourcentage de ce dernière en terrain de type TOD. Une nouvelle typologie d'usage du sol, définie terrain TOD, a été en fait introduit dans le modèle, pour représenter des terrains avec une densité moyenne de l'ordre du 10% et 15% supérieure à celle des terrains du type résidentiel continu dense (correspondent en substance au cœur des centres urbains) et caractérisés par un haute qualité du design et de l'aménagement urbain.

Typologies usage du sol	2013	2017	2021	2025
Terrain en Fiche		5% se transforme en résidentiel continue dense	10% se transforme en résidentiel continue dense	15% se transforme en résidentiel continue dense
Terrain Résidentiel		5% se transforme en résidentiel continue dense	15% se transforme en résidentiel continue dense	20% se transforme en résidentiel continue dense
Résidentiel Continue Dense (Mixte)		15% se transforme en terrain TOD	25% se transforme en terrain TOD	35% se transforme en terrain TOD

Tableau 1: Pourcentage de terrain de chaque type d'usage du sol qui se transforme pendant la simulation dans un outre type d'usage

Par rapport au système de transport, dans le *scénario B*, en adjointe aux hypothèses de densification précédemment décrits, dans les Zones TOD a été supposée une augmentation progressive de l'offre des services de transports en commun. En particulier, pour les lignes de bus urbains et suburbains et pour les lignes du service ferroviaire TER desservant les zones avec potentiel de TOD, le *scénario B* prévoit une augmentation des fréquences de service de l'ordre du 10% dans la période de simulation du 2017, qui reste stable dans la période 2021 et augmente ultérieurement du 10% au 2025 (+20% par rapport au scénario de référence).

Cette hypothèse a été proposée également dans le *Scénario C*, avec une ultérieure augmentation des niveaux des fréquences pour les mêmes lignes de transport en commun, de l'ordre du 20%, pour la période de simulation du 2017, stable pour la période 2021 et du 30% au 2025.

Dans le *scénario C* ont été en outre implémentées des hypothèses additionnelles, inspirées par les indications présentes dans le document de planification stratégique régionale sur les transports et la mobilité (SRTM). L'introduction du péage autoroutier et au même temps d'un système tarifaire intégré[8] entre le service ferroviaire régionale et de bus urbains et suburbains, sont les mesures adoptés à ce regard. Pour intégration tarifaire on entend le fait que dans ce scénario les transferts entre les modes concernés (bus et train), ne prévoient pas un cout additionnel (le coût relatif au déplacement est payé que au moment de la monté dans le premier mode de transport utilisé).

Avant de pouvoir passer à la simulation des scénarios de simulation *A, B* et *C*, le scénario de référence du modèle nécessite d'être calibré. La phase de calibration consiste dans l'ajustement de certains valeurs et indicateurs du modèle, qui sont pas estimables empiriquement, dans le but de reproduire avec le résultat de la modélisation les données d'entrée réellement observées. En particulier dans *Tranus* l'objective est celui d'atteindre la convergence dans le processus de calcul itératif des prix, des flux et des variables relatives à la production, pour reproduire une correspondance entre les variables des prix et des productions observées et ceux calculées.

En détail, la sortie du processus de calibration serait une série de facteurs d'ajustement, qui doivent respecter des limites de convergence précédemment fixés (Dutta, et al., 2012). Ceux que dans le manuel de *Tranus* sont définis comme les *prix ombre* (*shadow prices*) sont en fait des facteurs correctifs, donc des « erreurs », qui sont

[8] Pour intégration tarifaire on entend le fait que dans ce scenario les transferts entre les modes concernés (bus et train), ne prévoient pas un cout additionnel (le coût relatif au déplacement est payé que au moment de la monté dans le premier mode de transport utilisé).

ajoutés où sous-traités aux prix de référence du scénario base, pour redéfinir la situation d'équilibre des scénarios successifs. Si le modèle dans un particulier zone reproduise des valeurs de production supérieurs aux valeurs d'entrée, il aura donc une augmentation des prix ombre (*shadow prices*) et une diminution de la probabilité de se localiser dans cette zone. Si le modèle reproduise une valeur de production inferieur à la valeur observée, il y aura une diminution du prix ombre, avec un effet contraire sur la probabilité de localisation. Les prix ombre peuvent suppléer également à la moindre fiabilité et précision qui regard généralement l'estimation des prix foncières et sont calculés par le modèle à travers un processus itératif que s'arrêt quand est achevée une convergence[9], entre les données observées et les données reproduites par le modèle.

Une fois que le scénario base est calibré, est donc possible procéder à l'implémentation des scénarios futurs de modélisation. L'objective est d'évaluer les affects sur l'évolution des dynamiques de localisation résidentiel et des activités et sur la répartition modale de la demande de transport.

6.1. Résultats relatif à l'usage du sol

Les résultats relatifs aux évolutions des dynamiques d'usage du sol et des choix de localisation des ménages et des activités sur le territoire, ainsi que sur l'évolution des prix foncières, montrent que sans l'adoption d'actions et politiques spécifiques, une intensification de l'étalement urbain serait observée, en particulier dans l'aire au sud de la métropole lilloise et dans l'aire urbaine centrale, qui comprend les aires environnantes les villes de Lens, Béthune, Douai et Valenciennes.

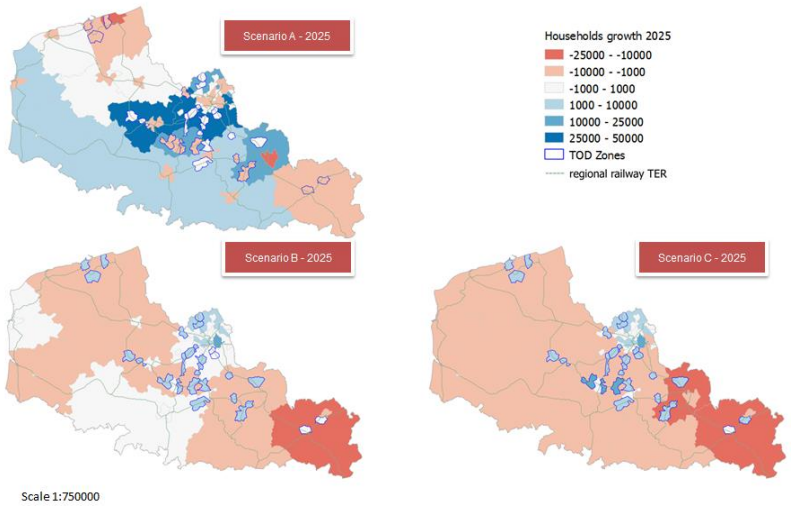


Figure 3: Evolution de la distribution des ménages au 2025 dans les trois scenarios de simulation

On observe en fait une augmentation de la pression foncière dans les zones périurbaines et au même temps une baisse d'attractivité et dépréciation des centres urbaines en dehors de l'aire urbaine centrale, qu'on peut donc supposer en relation avec une intensification du phénomène de migration vers des zones périurbaines et rurales et donc d'étalement urbain (Figures 3 et 4).

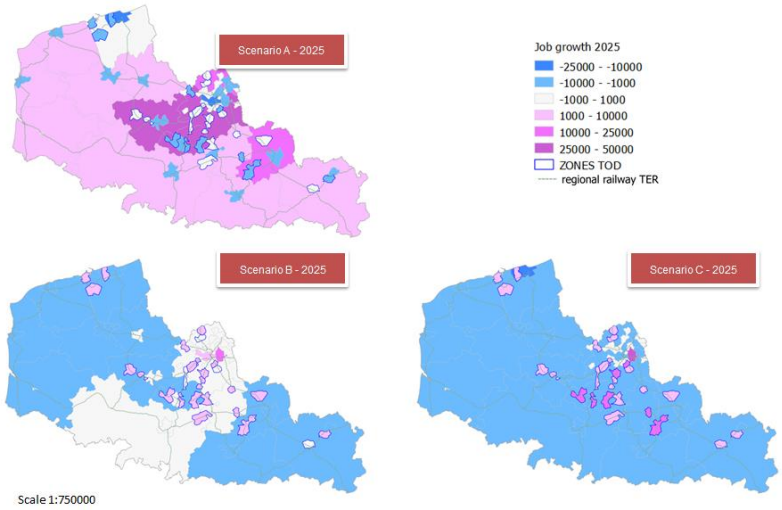


Figure 4: Evolution de la distribution des emplois au 2025 dans les trois scenarios de simulation

Les interventions de densification urbaine multifonctionnelle (TOD) simulées dans le *scénario B* montrent une tendance inverse.

Les ménages et les emplois se situent principalement dans les *zones TOD* (corridors et des gares sélectionnées), selon une tendance à la spécialisation fonctionnelle et au dynamisme dans ces zones, qui s'avéré de manière encore plus nette dans le *scénario C*.

[9] Selon des critères de convergence précédemment fixés.

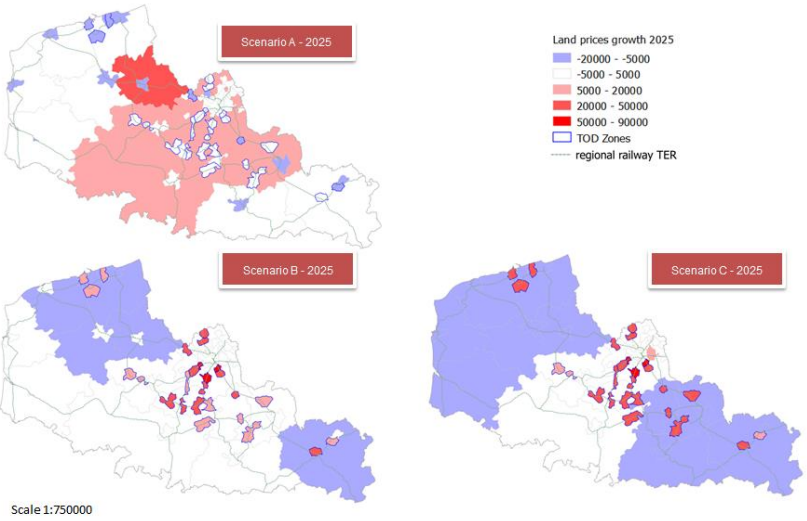


Figure 5: Evolution des prix fonciers au 2025 dans les trois scenarios de simulation

On voit en particulier que sont les corridors qui lient la métropole lilloise aux villes de l'arc sud (Lens, Douai, Béthune), à donner une réponse plus positive en relation aux hypothèses de densification et d'amélioration de l'offre des transports en commun.

Si on considère en outre l'évolution des prix fonciers dans les scenarios *B* et *C*, on voit aussi une confirmation de la capacité des interventions de TOD de créer de la valeur ajoutée pour le foncier mobilisé (Figure 5). Dans toutes les zones considerées avec un potentiel de TOD et donc interessée par des intervention de densification de type mixte (residences et activités), on constate une augmentation de la valeur des sols.

6.2. Résultats relatif au système de transport

En considérant les résultats relatifs au système de transport, l'intérêt principal est d'analyser l'évolution de la demande de transport et en particulier de sa répartition modale, en réponse à l'application des politiques de TOD (*scénario B*), liées à l'introduction d'un système de tarification intégrée et de péage autoroutier (*scénario C*).

En particulier les résultats relatifs au *scénario C* résultent les plus favorables en relation à l'évolution de l'usage des transports collectifs (avec des résultats plus efficaces pour les bus que les trains, au contraire des attentes) (Figure 6).

À ce regard il faut toutefois considérer que dans les calculs relatifs à la répartition modale on considère seulement les déplacements de type motorisés et pas la mobilité activé (cyclable et piéton). La raison est due au fait que *Tranus* simule seulement les relations *inter-zonaux* (d'une zone à une autre) et n'arrive pas à simuler les déplacements à l'intérieur de chaque zone (*intra-zonaux*). Il s'agit d'ailleurs d'une condition que, dans ce cas spécifique, s'avéré défavorable à la vérification des hypothèses de TOD, car normalement les effets plus importantes des interventions des TOD regardent la mobilité de proximité et donc la celle active et non motorisée.

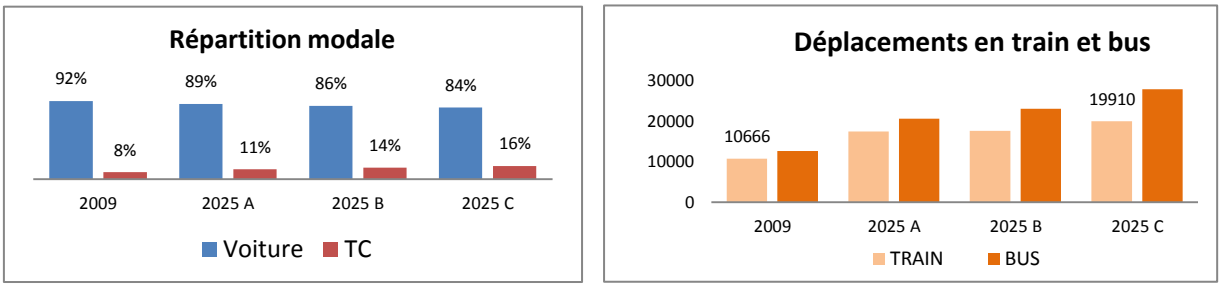


Figure 6: Histogrammes sur l'évolution de la répartition modale entre voiture et Transports en commun (gauche) et sur l'évolution du nombre des déplacements en bus et trains (droit)

Dans l'histogramme en Figure 6, qui regard le nombre des déplacements en train et bus, on observe en outre que dans le *scenario C*, au horizon 2025, on arrive très proche à atteindre l'objective, considéré stratégique dans le document du SRTM, de doubler la fréquentation des services de transport ferroviaires dans la région.

Si on analyse l'évolution du nombre des déplacements, en considérant les différentes échelles territoriales présentes dans le modèle, on peut aussi constater comme les zones TOD arrivent à registrer l'augmentation plus importante du nombre des déplacements en transports en commun, surtout dans le *scénario C* (avec une

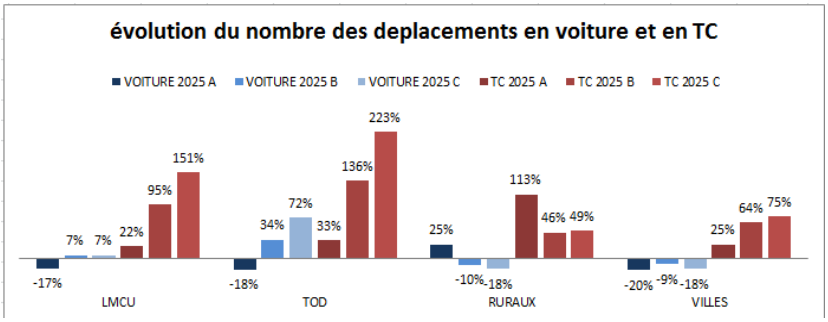


Figure 7: Evolution du nombre des déplacements en voiture et en transports en commun

augmentation supérieure au double). Dans les zones ruraux par contre on observe comme le nombre de déplacements en transports en commun augmente de manière plus faible dans les scénarios *B* et *C*, à cause de la générale diminution de demande de transport, conséquente à la délocalisation des ménages et des emplois depuis les zones ruraux vers les zones urbains et les zones TOD, (Figures 3 et 4).

En analysant enfin la sortie du modèle *Tranus* qui regarde le volume de déplacements effectués en train dans la période de référence 2009 et dans la période de simulation au 2025 du *scénario C* (le plus favorable aux transports collectifs), on constate que l'augmentation de fréquentation des services ferroviaire s'avéré de manière homogène sur le réseau et concerne les corridors ferroviaires qu'étaient déjà les plus fréquentés au 2009. Le corridor ferroviaire Lille – Douai s'avéré de ce fait celui avec une plus grande augmentation de fréquentation.

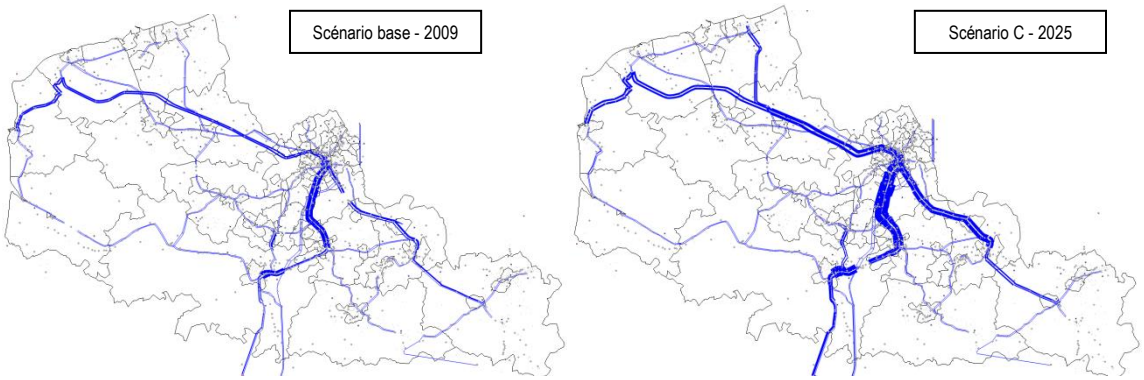


Figure 8: Volume des déplacements en train dans le scénario base (2009) et dans le scénario C au 2025

Conclusion

Dans cet article sont présentés les résultats d'un travail de modélisation intégré d'usage du sol et transport, effectué avec le logiciel de simulation Tranus. L'objective est d'évaluer et tester l'applicabilité et le sens d'un plan régionale de *Transit Oriented Development* ou d'*Urbanisme des transports en commun* dans le contexte spécifique du Nord Pas de Calais, en cohérence avec les objectives et les perspectives stratégiques de développement, proposées dans les documents de planification et aménagement régionaux.

L'intérêt est également celui d'appliquer la modélisation LUTI sur un modèle de TOD régionale et d'expérimenter les potentialités de *Tranus* comme outil d'aide à la décision et à la réflexion pour les acteurs de la planification et de l'aménagement.

Les résultats confirment les hypothèses de potentiel de TOD pour certains corridors ferroviaires régionaux et la meilleure réponse s'avère en particulier pour les corridors ferroviaires situés entre Lille, Lens et Douai. Les corridors ferroviaires situés entre Lens et Béthune et dans le sud de Valenciennes confirment également leur potentiel de TOD.

En particulier dans le *scénario A* on constate une augmentation de l'étalement urbain et une consolidation de la prédominance de la voiture, sans l'application des politiques spécifiques de contraste a ces phénomènes. Les scénarios *B* et *C* par contre confirment que les interventions de TOD (densification multifonctionnelle progressive, couplé avec une amélioration de l'offre de transport en commun) aident à concentrer la localisation des ménages et des activités le long des corridors ferroviaires sélectionnés, induisant un usage des transports en commun plus élevé (même si pas autant que prévu pour le mode ferroviaire).

On constat donc que les effets des politiques de TOD proposées, sont plus évident dans des contextes où existe déjà un générale dynamisme économique et productive et une demande de transport et de localisation de base (c'est le cas des corridors ferroviaires mentionnés ci-dessus). L'augmentation de l'usage des transports en commun, induite par les politiques de TOD, semble de tout façon être largement plus incisif si liée à des actions orientées à limiter l'utilisation de la voiture (intégration tarifaire, péage autoroutier).

Toutefois même dans le scenario plus défavorable à l'usage de la voiture (*scenario C*), la part modale relative aux transports en commun n'arrive qu'au 16%. Il s'agit cependant d'une valeur qui se réfère seulement à la mobilité de type motorisée et aux déplacements *inter-zonaux* (qui mènent d'une zone à une autre), sans considérer les déplacements à l'intérieur de chaque zone et donc la mobilité non-motorisée.

Le logiciel de simulation *Tranus* confirme sa capacité de travailler selon une approche multi scalaire et à l'échelle régionale, mais également sa complexité d'application.

Les principales difficultés relevées dans le travail de modélisation avec *Tranus* sont liées à la conception des hypothèses de départ, à la collecte de données et à la phase de calibration. *Tranus* nécessite une approche multidisciplinaire et un temps de travail considérable pour la mise en œuvre, la calibration et l'analyse des résultats.

Table des figures

Figure 1: Le zonage du modèle 7

Figure 2: Typologies des quartiers de gare retenus pour l'identification des zones avec du potentiel de TOD (Van der Poorten & Nedellec, 2013) 7

Figure 3: Evolution de la distribution des ménages au 2025 dans les trois scenarios de simulation 11

Figure 4: Evolution de la distribution des emplois au 2025 dans les trois scenarios de simulation 11

Figure 5: Evolution des prix fonciers au 2025 dans les trois scenarios de simulation 12

Figure 6: Histogrammes sur l'évolution de la répartition modale entre voiture et Transports en commun (gauche) et sur l'évolution du nombre des déplacements en bus et trains (droit) 12

Figure 7: Evolution du nombre des déplacements en voiture et en transports en commun 13

Figure 8: Volume des déplacements en train dans le scénario base (2009) et dans le scénario C au 2025 13

Liste des tableaux

Tableau 1: Pourcentage de terrain de chaque type d'usage du sol transformée dans les différents périodes de simulations dans un outre type d'usage 10

Bibliographie

Alonso, W., 1964. *Location and land use..* Cambridge, MA: Harvard University Press..

Bertolini, L., 2014. *strategies, Integrated land use and transport.* Munich, mobil.TUM International Scientific Conference on Mobility and Transport - "Sustainable Mobility in Metropolitan Regions".

Bertolini, L., Curtis, C. & Renne, J., 2009. *Transit Oriented Development. Making It Happen.Ashgate publishing limited.* s.l.:England and ashgate publishing company USA.

Calthorpe, P., 1993. *The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream.* s.l.:s.n.

CERTU - PST Rhône-Alpes, 2011. *Mobilités et dynamiques des localisations. Où en est la modélisation ?.* s.l., s.n.

CERTU, 1996. *Review of existing Land-Use Transport Models,* s.l.: s.n.

Cervero, R., 1998. *Transit Metropolis, a global inquiry.* s.l.:s.n.

Conseil Régional NPDC, 2009. *Directive Régionale d'aménagement sur la maitrise de la périurbanisation.,* s.l.: s.n.

Conseil Régional NPDC, 2010. *Enquête régionale mobilité et déplacements 2009. Evaluation de la base régionale.,* s.l.: s.n.

Conseil Régional NPDC, 2013. *Schéma Régional des Transports et des Mobilités,* s.l.: s.n.

DETR, 1999. *Review of land-use/transport interaction models,* London: s.n.

Dezetter, M., 2013. Pole d'échanges et construction métropolitaine vue de l'Arc sud. In: *Rapport final - Tome 2: Les gares, poles d'échanges et leurs quartiers.* Lille: Laboratoire TVES E.A 4477 Université de Lille 1 Sciences et Technologies, LATCH - Ecole nationale superiore d'architecture et de paysage de Lille, pp. 669 - 682.

Dorantes, L. & Heddebaut, O., 2012. *Firmographic analysis in the previous coal mining area of Lens in the French Nord-Pas-de-Calsi Region,* s.l.: s.n.

DREAL, 2013. *L'occupation du sol en Nord Pas de Calais. Bilan et perspectives,* s.l.: s.n.

Dutta, P. et al., 2012. *Uncertainty Propagation and Sensitivity Analysis During Calibration of TRANUS, an Integrated Land Use and Transport Model.* s.l., ICURPT 2012 : International Conference on Urban, Regional Planning and Transportation.

Groux, A. & Menerault, P., 2011. Les quartiers de la gare : moteurs du renouvellement urbain. *Etudes Foncières,* Volume 150, pp. 31-56.

Hunt, J. D., Kriger, D. S. & Miller, E. J., 2005. Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: A review. *Transport Reviews,* 25(3), pp. 329-376.

INSEE - NPDC, 2008a. *Pages de Profils n°34: Caractéristiques et qualité du logement en Nord-Pas-de-Calais,* s.l.: s.n.

INSEE - NPDC, 2008. *Pages de Profils n° 44: Déplacements domicilie-travail en Nord-Pas-de-Calais: Des trajets de plus en plus longs,* s.l.: s.n.

INSEE - NPDC, 2012. *Nord-Pas-de-Calais - La région et ses départements,* s.l.: s.n.

INSEE - NPDC, 2013. *Bilan économique 2012 Nord-Pas-de-Calais,* s.l.: s.n.

Laurent, F., 2012. *Les modèles d'usage du sol et transport. où la géographie er l'économie se rejoignent.* s.l.:Université Paris-Est - Laboratoire Ville Mobilité Transports - Ecole des Ponts Paris Tech.

Lille Métropole, 2012. *Programme Local de l'Habitat 2012/2018,* s.l.: s.n.

Lowry, I., 1964. *A Model of Metropolis.* Santa Monica: Rand Corporation.

Menerault, P., 2013a. POPSU Gares à Lille: mode d'emploi. Présentation et analyse d'un dyspositif de recherche-action et son fonctionnement local. In: *Rapport final - Tome 2: Les gares, poles d'échanges et leurs quartiers.* Lille: Laboratoire TVES E.A 4477 Université de Lille 1 Sciences et Technologies, LATCH - Ecole nationale superiore d'architecture et de paysage de Lille, pp. 449 - 453.

Modelistica, 2013. *Mathematical description of TRANUS,* Caracas: www.modelistica.com.

NCHRP, 2002. *REPORT 466: Desk Reference for Estimating the Indirect Effects of Proposed Transportation Projects.* Washington D.C., National Academy Press.

Nedellec, M., 2010. *L'urbanisation des quartiers de gare en Région Nord-Pas de Calais,* s.l.: Université des Sciences et Technologies - Lille 1.

Nguyen-Luong, D., 2012. Les modèles transport-urbanisme: de la théorie à la pratique.. *Transports,* Volume 474, pp. 14-19.

Nord Eclair, 2013. Lille-Hénin en RER en 21 minutes pour 2025?. *Nord Eclair,* p. 22.

Région NPDC, 2012. *Cahier technique n°1 - Schéma Régional du climat, de l'air et de l'énergie,* s.l.: s.n.

T. de la Barra, 1989. *Integrated land use and transport modelling.* Cambridge: Cambridge University Press.

Timmermans, H., 2003. *The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling: How Many More Dreams Before We Wake Up?.* Lucerne, 10th International Conference on Travel Behaviour Research.

Van der Poorten, S. & Nedellec, M., 2013. Outil-observation pour une stratégie foncière régionale autour des gares. In: *Rapport final - Tome 2: Les gares, poles d'échanges et leurs quartiers.* Lille: Laboratoire TVES E.A 4477 Université de Lille 1 Sciences et Technologies, LATCH - Ecole nationale superiore d'architecture et de paysage de Lille, pp. 573 - 581.

Von Thunen, J., 1826. *Der Isolierte Staat in Beziehung ant Landswirtschaft and Nationalekomie,* Hamburg: s.n.

Wegener, M., 2010. *Overview of land-use transport models.* s.l.:s.n.

Wilson, A., 1970. *Entropy in Urban and Regional Modelling.* London: Pion.

Wingo, L., 1961. *Transportation and urban land.* s.l.:Ressource for the future, Inc. Washington D.C..

Zhao, F. & Chung, S., 2006. *A study of Alternative Land Use Forecasting Models,* Miami (Florida): Lehman Center for Transportation Research, Departement of Civil and Environmental Engineering, Florida International University.